節能減碳與作物病害管理研討會 137-153

非農藥防治新技術的開發與應用

安寶貞[1,4]、謝廷芳[2]、蔡志濃[1]、黃晉興[1]、楊宏仁[3]

[1] 行政院農業委員會農業試驗所 植物病理組

[2] 行政院農業委員會農業試驗所 花卉研究中心

[3] 行政院農業委員會農業試驗所 嘉義農業試驗分所

[4] 連絡作者，電子郵件：pjann@wufeng.tari.gov.tw

摘 要

近年來我國開發的非農藥病害防治新技術甚多，在此簡單介紹數項田間實際推廣應用的新技術，包括亞磷酸簡便使用法（可以有效預防卵菌引起的眾多病害）、乳化葵花油（預防與治療白粉病與其他葉部病害）、排水防治蕹菜青枯病與茭白基腐病、溫水處理抑制檬果炭疽病與山藥種薯線蟲。

關鍵詞：非農藥防治、亞磷酸、葵花油、重碳酸鹽、排水、溫水處理

緒 言

因臺灣地處熱帶與亞熱帶，氣候高溫多濕，適合多種病害的發生與傳播；冬季又乏低溫來降低病原菌之密度，因而病害十分猖獗，嚴重影響農產品的產量與品質。因此自從農藥問世後，農民基於經濟與速效之考量，多以化學方法來防治病害，而忽略其他防治手段與管理策略。然而使用農藥有許多負面影響，包括(1).有礙農民與消費者的健康：農藥中毒事件時有所聞；而且農產品上易留有農藥殘毒，清洗不易，易引起慢性中毒；(2).對作物產生藥害：農藥使用不當時有害植物；(3).病原菌產生抗藥性：經常使用農藥，病原微生物易產生抗藥性，導致農藥成效不彰甚而完全無效，誘發更嚴重的病害；(4).危害非標的生物：大部分農藥無選擇性的殺滅微生物，造成土壤與環境中有益微生物族群下降，降低自然拮抗能量，甚至在

減除主要病原菌後，使次要病原菌族群增加，而成為主要病原為害作物；及(5).造成環境與生態污染：許多農藥在自然界中代謝分解十分緩慢，造成水源與土壤污染，嚴重破壞生態體系。

然而，近年來台灣經濟成長、生活富裕，消費大眾對農產品的要求不僅是吃得飽、穿得暖，而是要吃得安全、吃的健康。尤其近年來面臨全球暖化、能源短缺及環境污染等嚴重問題，如何開發非農藥防治製劑與技術，以減少化學合成農藥的使用，甚而完全不使用農藥來防治作物病蟲害，來降低環境與生態的污染，且能達到節能減碳之效益與農業永續發展之目的，已經成為政府的既定政策與研究人員努力研發的目標。

以下簡單介紹農業試驗所非農藥防治研究團隊近年來在作物病害方面所開發之非農藥防治資材與技術，這些新方法均已正式推廣於田間病害防治使用，成效良好，甚至已技術轉移廠商。

亞磷酸簡便使用法之開發

亞磷酸之特性

在 1980 年代一種防治疫病的藥劑福賽得 fosetyl-Al (aluminum tris-o-ethyl phosphonate, commercially known as Aliette) 研發成功後[5]，發現其代謝產物中的亞磷酸為主要抑病物質。此後，亞磷酸才被探討研究與使用，亞磷酸（phosphorous acid, H_3PO_3）原為磷肥的一種[17]，無色透明結晶，在空氣中易潮解，其水溶液酸性強（約為 pH 2.1），直接使用於植物會造成嚴重藥害，因此須以強鹼物質中和。目前亞磷酸在國外已開發成數種產品上市，包括著名的 Foli-R-Fos 200 (20% phosphorous acid, U.I.M. Agrochemicals, Australia)[26], Nutri-Phite P Foliar (4% N-30% P_2O_5-8% K_2O, Biagro Western Sales, Inc., Visalia, CA)[7], Guard P. K. (7% N-21% P_2O_5-21% K_2O, Agrichem, Australia), Akomon-40[4] and Potphos[4], 等。然而這些產品因為價格昂貴，且液體狀的亞磷酸根易氧化成磷酸根(-3PO_4)，而大大的降低防病功能，在國內並無廣泛推廣。由於大部分農民無法自行調配亞磷酸溶液，農試所花

費數年時間，研發出非常簡便、有效、安全的使用方法，農民可自行調製，用於田間病害防治[1,2]。

亞磷酸簡便使用法的研發與保存

亞磷酸(H_3PO_3)為強酸，以氫氧化鉀(KOH)以 1:1 等重量中和後使用。市售之 95-98%的工業級亞磷酸與 85%氫氧化鉀均可使用。調配好之亞磷酸溶液約在酸鹼值 pH6.1~6.8 左右。亞磷酸為強酸、氫氧化鉀為強鹼，配製時須分別先溶於水中，再混合使用。或者先溶解亞磷酸後、再溶解氫氧化鉀。切不可將兩者同時加入水中，或將兩者混合，再加水稀釋。亞磷酸溶於水後，易氧化成磷酸，降低防病效果，故配製好之亞磷酸溶液，宜當日使用。亞磷酸因易潮解，必須密封（可以事先分裝，密閉，或共同購買），放置於含有乾燥劑的容器內。另調製時勿用手直接碰觸亞磷酸與氫氧化鉀。

亞磷酸施用濃度、部位及時期

(1).葉面與果實噴佈時，濃度以 1000 mg./L 為佳。（如 100 公升水中加入 100g 亞磷酸與 100g 氫氧化鉀，即為 1000 倍稀釋液；加入 200g 亞磷酸與 200g 氫氧化鉀即為 500 倍稀釋液）。尤其噴布於幼嫩組織，如花、果實及新芽部位，使用濃度不可超過 1000 mg/L，否則會造成藥害。葉面噴佈的施用時期為雨期來臨前，每 7 日一次，至少 2 至 3 次，可連續使用。果實噴佈則於雨期來臨前，每 7 日一次，連續 2 至 3 次，採果期亦可使用。(2)土壤與根圈灌注時，施用濃度可提高至 2000-5000 mg/L，使用後 7 天內，盡量勿澆水。一般健康植物的根系吸收力佳，施用後方有保護效果。使用時期依作物別不同而異，果樹幼苗於雨期來臨前，每月 1 次，共 2 次，以後每隔 3 個月一次。健康樹木一年使用一到二次即可。蔬菜、花卉於雨期來臨前，每 7 日-14 日灌注一次，至雨季結束為止，病情嚴重時，縮短使用時間，並配合使用其他系統性化學藥劑，以增強藥效。

亞磷酸之防病範圍

在國外，亞磷酸產品被報導可以有效的用於許多作物疫病[10, 15, 21, 25]與露菌病[4, 18, 26, 28]的田間防治，包括柑橘裾腐病與根腐病、鳳梨心腐病、木瓜果實疫病、可可果實與莖腐病、榴槤果實疫病、馬鈴薯晚疫病、番椒與番茄疫病、觀賞植物疫病、煙草黑腳病、及牧草疫病、葡萄露菌病、萵苣露菌病、花椰菜露菌及甜玉米露菌病等。吾人開發之亞磷酸簡便使用方法，目前在果樹、蔬菜及花卉疫病與其他藻菌引起的病害預防上已廣為使用（表一），包括柑橘、酪梨、番茄、文心蘭疫病、荔枝露疫病，葡萄露菌病、玫瑰露菌病等等。目前該技術已經技術轉移廠商，由於亞磷酸調配技術簡單，農民可自行操作；施用亞磷酸的蔬果安全無虞，可在採果期使用；尤其它與氫氧化鉀的價格均很便宜，與福賽得用量相比，成本僅為其十分之一價格，使亞磷酸兼具經濟、有效、安全三大優點。

亞磷酸的防病機制

亞磷酸的防病機制有兩種說法，在高濃度下，亞磷酸有直接殺滅病原而達到保護寄主的功效[6, 28]，但許多證據顯示亞磷酸亦有增強寄主抗病能力的功效[8, 19, 22, 23]，經亞磷酸處理的組織產生植物防禦素的速度較快且量較多。目前大部分研究人員同意亞磷酸兼具直接殺菌與間接增強植物抗病能力的雙重效果[9, 25]，施用亞磷酸後，它可被葉片、根系吸收，運送至植株體內，等疫病菌入侵後，可以刺激植株產生植物防禦素，對抗入侵病菌。吾人實驗顯示亞磷酸在植株體內的下移性良好，但上移性並不佳，且對儲藏期發生之疫病的防治效果很差。防治葉部或果實病害以全株噴施為佳，而且亞磷酸以連續施用 3 次以後，方可以完全啟動防禦系統。亞磷酸在植株根部可被土壤微生物代謝成磷酸，成為植物主要肥料之一。

表一、亞磷酸（1000 ppm）在台灣防治作物疫病與晚疫病、荔枝露疫病等之效果

Table 1. Control of Phytophthora diseases and litchi downy blight caused by *Peronophythora litchii* with phosphorous acid (1000 ppm) neutralized with potassium hydroxide (w/w:1/1) in Taiwan

Plant	Disease and pathogen	Infection site	Application method	Application schedule	Control effect (%）
Tomato, potato	Late blight, *Phytophthora infestans*	Whole plant	Foliar spray	3 times, once 1 week	80-100
Pepper, tomato	Phytophthora blight & basal stem rot, *P. capsici*	Whole plant	Foliar spray, soil trench	Continue, once per 7-10 days	60-100
Gerbera	Basal stem rot, *P. cryptogea*	Main root & basal stem	Soil trench	3 times, once 1 week	60-90
Cymbidium sp.（虎頭蘭）	Black rot, *P. multivesticlulata*	Whole plant	Foliar spray	3 times, once 1 week	100
Cymbidium (報歲蘭)	Black rot, *P. palmivora*	Whole plant	Foliar spray	Inoculation, 2 month after treatment	57
Oncidium	Black rot, *P. palmivora*	Whole plant	Foliar spray	Once per month	90-95
Lily	Phytophthora blight, *P. parasitica*	Whole plant	Foliar spray	3 times, every 7 days	95-100
Papaya	Fruit rot, *P. palmivora*	Fruit	Foliar spray	3 times, every 7 days	80-100
Avocado	Root rot, *P. cinnamomi*	Seedling root	Foliar spray, soil trench	Pot test, once per month	80
Kumquat seedling	Phytophthora blight, *P. citrophthora*	Seedling root and basal stem	Foliar spray, soil trench	Pot test, once per month	50-100
Kumquat	Fruit and leaf blight, *P. citrophthora*	Fruit and leaf	Foliar spray	3 times, every 7 days, pot test	80-95
Litchi	Downy blight, *Peronophthora litchii*	Fruit	Foliar spray	3 times, every 7 days	>90

乳化葵花油之開發與應用

經農試所與夏威夷大學合作下，將一般食用油經過乳化、稀釋的步驟製作成防治噴劑，並將該防治噴劑噴灑覆蓋在一般植物表面與病菌上[16]。試驗顯示，該種食用油噴劑會在植物體表面形成一種薄膜，能阻隔病原菌孢子發芽與菌絲生長，且有減少植物水分散失的功效，但它不會影響植物的呼吸作用及光合作用。實驗顯示，多種食用油均有降低病害發生與促進植株生長的效果，但有強弱之差別，目前顯示以葵花油之防治效果較佳（表二）。當葵花油使用濃度在 1000 倍時，可以降低番茄白粉病約 50%，使用稀釋倍數在 200-500 倍時可以降低病害至 10-20%（表三）。在田間實驗時，每週噴施一次時，對番茄、瓜類、枸杞等作物的白粉病均有良好的預防效果，此外，它對銹病、露菌病亦有相當的抑制功效，尤其在設施內行預防性防治使用時，效果最佳。因此食用油不但兼具病害防治與增強光合作用效能的雙重功效，且食用油的防治噴劑更屬於無毒無害、符合有機生產需求及環保概念、生產成本極低的一種實用發明者。目前該乳化技術亦已技術移轉廠商，且該乳化葵花油商標取名葵無露。

表二、不同植物油（0.1%）防治蕃茄白粉病之效果

Table 2. Effect of different edible vegetable oils on control of tomato powdery mildew

Treatment[1]	Diseased severity before treatment [2] (%)	Diseased severity after treatment [2] (%)	Plant height（cm）
Sunflower oil	2.2	10.2	36.0
Peanut oil	2.5	12.5	33.3
Corn embryo oil	4.0	11.2	29.6
Sesame oil	3.2	12.8	31.6
$NaHCO_3$	3.0	11.5	32.0
Tween 80	2.5	15.3	31.6
H_2O	3.5	15.2	27.6

1. Vegetable oils were emulsified with 0.01% tween 20.

2. Diseased areas were recorded 14 days after treatment..

表三、不同葵花油濃度對防治蕃茄白粉病之效果

Table 3. Effect of different concentration of sunflower oil on control of tomato powdery mildew

Item	Concentration（%）[1]						Water
	0	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	(ck)
Diseased areas (%)[2]	12.0	10.8	9.0	6.0	3.3	0.8	11.5
Plant height（cm）	30.5	30.5	29.0	29.5	32.5	30.5	27.0

1. Sunflower oils were emulsified with 0.01% tween 20.

2. Diseased areas were recorded 14 days after treatment.

重碳酸鹽防治葉部病害

重碳酸鹽(bicarbonates)為酸性碳酸鹽之別名，含有重碳酸根(HCO_3^-)之化合物。常見的重碳酸鹽類包括碳酸氫鈉($NaHCO_3$)或稱小蘇打、碳酸氫鉀($KHCO_3$)、碳酸氫銨(NH_4HCO_3)等三種。重碳酸鹽類之中，以小蘇打或稱碳酸氫鈉(baking soda, sodium bicarbonate)最先被用於作物病害防治上。應用小蘇打當作殺菌劑並非是一項新的發現，早在 1933 年出版，由 Hottes 氏所編著的書「A Little Book of Climbing Plants」中已提到用稀釋約 133 倍的小蘇打可有效防玫瑰白粉病。此項發現乃得自於蘇俄植物病理學家 A. de Yaczenski 的提供。1981 年，日本 Homma 等人利用碳酸氫鈉防治瓜白粉病；1982 年，Punja 和 Grogan 發現含銨、鉀、鈉和鋰的碳酸鹽和重碳酸鹽可殺滅白絹病菌，開啟了利用重碳酸鹽防治作物病害的新頁。隨後，在 1985 年八月份的有機農園「Organic Gardening」雜誌上，報導日本的研究人員以約稀釋 500 倍的小蘇打可有效防治瓜類、茄子和草莓白粉病。在 1990 年六月份的溫室管理者「Greenhouse Manager」雜誌上，摘錄了美國康乃爾大學 Horst 博士利用小蘇打防治玫瑰主要病害－白粉病及黑斑病的三年試驗報告，玫瑰每三至四天噴佈 200 倍小蘇打及具殺蟲效果的肥皂（作為界面活性劑，可使小蘇打易於粘附在葉表上，雖對病害無任何作用，但可以增進小蘇打的防病效果）的混合水溶液，可有效防治白粉病及黑斑病的發生。

重碳酸鹽以防治作物白粉病為主，作物包括辣椒、瓜類、葡萄、蘋果、玫瑰、日衛芋、迷迭香等。對於葉部病害如草莓灰黴病、青椒早疫病、洋香瓜葉枯病、瓜類葉斑病、玫瑰黑斑病、蘋果黑星病、菊花白銹病等均具療效。對於土壤傳播性病害如瓜類蔓枯病與胡蘿蔔、草皮和百合的白絹病等亦有不錯的抑病效果。另外，以重碳酸鹽水溶液浸泡採收後的辣椒、胡蘿蔔、馬鈴薯、柑桔、洋香瓜和可樂果，亦可有效抑制貯藏病害的發生。可見重碳酸鹽的抑病範圍相當廣泛。

重碳酸鹽類對人體無害，而且對環境的衝擊非常小，在作物有機栽培的體系中，成為病害防治不可或缺的一項利器。由於它具有明顯的抑菌功效，已被全世界有機農園廣泛地接受與應用，甚至已有多項商品化的產品問世。在使用重碳酸鹽之前，應先小量測試對標的作物是否有藥害產生。以筆者的經驗，瓜類植物較易產生藥害，尤其在烈日下噴施時，葉片容易產生灼傷狀的藥斑。在使用重碳酸鹽的過程之中，應考慮使用劑量的問題。一般而言，以稀釋 200 倍，每七天噴施一次，連續三次的效果最穩定，若能添加天然的展著劑、界面活性劑或礦物油，則防病效果更佳。

溫水處理抑制檬果炭疽病與山藥種薯線蟲

溫水處理抑制檬果炭疽病

利用高熱能處理防治病害，是利用植物組織對溫度的忍受度比病原微生物為高時的一種防治策略。生物組織存在許多蛋白質及酵素等對熱能較敏感的組成份，當溫度累積忍受能力達到極限後，就會造成蛋白質凝固及酵素不活化，使得細胞死亡，達到殺死生物之目的。當利用病原微生物可忍受的臨界溫度還高的熱能處理植物體時，即可殺滅病原，但不會降低植物的活性。高熱能處理技術包括溫水處理(hot water treatment) 技術、蒸熱處理(vapor heat treatment)、微波處理(microwave treatment)、紅外線處理(infrared radiation treatment) 及乾熱處理(hot dry air treatment) 等多種方式。目前以溫水處理及蒸熱處理較為普遍，其中蒸熱處理因為設施昂貴及

處理耗時，多使用於進口國檢疫要求做為病蟲害處理。溫水處理則因設備簡單及處理容易，因此廣為世界各國採用作為採後生鮮蔬果病蟲害殺滅及檢疫使用。Schirra 等人[24] 歸納溫水處理可以抑制病害的原因有(1).熱能促進傷口癒合，使病原菌無侵入機會。(2).熱能直接殺死病原或害蟲。(3).高溫刺激植物產生抗生物質，抑制病原菌或產生物理屏障阻隔病原入侵。(4).提高水溫可以增加化學藥劑效力，減少浸藥處理時添加的藥劑使用量。(5).高溫可以使採收後植物表面破裂的角質層之臘質融化並重新平舖於植物表面，將蔬果表面氣孔、皮孔與傷口蓋住，使病原難以侵入或減緩病徵出現。

芒果炭疽病、蒂腐病及果腐病多具有潛伏感染特性，當果實黃熟後才會顯現病徵，有些果園採收後果腐率高達 50-100%，若未經適當採後處理，儲架壽命及品質極為低落。實驗顯示，溫水處理可以有效降低發病，主要因為芒果炭疽病菌以附著器潛伏於果實表面，較易感受到熱能效果，利用 49℃以上溫水處理 5 分鐘後即能完全抑制培養於玻璃紙上的附著器再生長能力。而以臺農一號芒果果實進行溫水處理對炭疽病抑制效果之直接測試，發現以 53℃溫水處理 5 分鐘後取出降溫並催熟後七天，溫水處理明顯降低台農一號芒果果實採收後病害發生，同時不會造成芒果之熱傷害[27]。1998 年農試所鳳山分所林瑩達先生與廠商合作連續式溫湯處理機，使用 60 至 65℃高溫瞬間處理，利用輸送帶帶動單層果實經上沖下淋溫水，每小時處理量達 600 公斤。同時間農試所嘉義分所另與廠商配合設計小型溫水處理器，採用整籃芒果浸入溫水槽方式，並採用微電腦程序控制電子閥門及特殊水循環方式，可以達到快速回溫及均溫需求，使得高溫瞬間處理變為可行。2002 年起農試所嘉義分所與三群有限公司進行產學合作，發展出大型自動化溫水處理器並技轉三群公司製造供應大型集貨場處理大量芒果所需，每小時最大處理量可達 3-4 公噸以上並且將原有人力提舉果籃之動作改以機器自動進行，可以節省許多人力。溫水處理雖然可以有效降低採後果實炭疽病但仍需加強田間管理以降低感染，才可以讓溫水處理發揮最大效果，弭補田間稍許的疏忽，將能簡易及經濟地提昇外銷芒果良好品質，提高良質率及價格。不同的芒果品種對高溫忍受性都有些許不同，例如愛文、凱特、金煌等可以使用 60℃/20 秒處理，台農一號芒果較耐高溫，溫度可

提升至 62℃，但是柴羨芒果（土芒果）如果以 58℃/20 秒處理便容易出現熱傷害。因此不能冀望所有果實都能適應同一處理條件，必須在大量處理前遵守研究人員建議並以少量果實進行測試後方能進行後續處理動作。

溫水處理抑制山藥種薯線蟲

台灣栽培山藥多有由線蟲引起的連作障礙問題，尤其是在壞土地種植的山藥極易發生由根腐線蟲引起的乾腐病，塊莖表面會有許多深淺不一之裂痕、裂口會有木栓化情形、以手指輕壓會有海棉狀之感覺，其橫切面自表皮往內層會有黑褐色乾腐，乾腐之深度隨山藥品種之不同會有些微之差異，往往造成 2-3 成的損失[20]，該病害雖然可以利用化學藥劑、生物防治、輪作、淹水、抗病品種及添加 LT-M 等減少病害發生，但各有優缺點；嘉義分所利用 50℃-60℃溫水處理先將種薯塊內存活的線蟲殺死，再進行催芽、分芽及馴化而生產出不含活體線蟲的健康種苗供應田間栽植，配合田間穴管清潔與乾淨介質使用，完全不需使用殺線蟲劑，成功解決根腐線蟲之危害，同時降低生產成本，生產出無農藥殘留之優質山藥塊莖；本技術已技轉嘉義縣中埔鄉農會生產健康紅龍山藥種苗供農友使用。本方法可節省種薯塊莖用量、生長整齊並能控制田間栽培時間避開炭疽病好發季節，減少炭疽病防治之費用，同時維持正常產量，2007 年於中埔鄉之田間試驗結果，單株塊莖生產量，使用健康薯塊當種苗者平均為 3750 公克，病薯塊為 2350 公克，健康芽體苗則為 3435 公克。

排水防治茭白基腐病與蕹菜青枯病

排水防治茭白基腐病

南投埔里與魚池地區為我國茭白筍主產區，主要栽培品種為青殼種的突變系統，俗稱敢當種，然而自 1999 年起，南投地區茭白發生嚴重的基腐病（basal stem rot），由病原菌 *Pythiogeton zizaniae* 引起[3]。在南投地區，一般茭白筍於 11 月下旬育苗，12 月下旬移植於本田後，即以全程水田栽培（水

深 45-60 cm)，4-5 月及 8-9 月為 2 大產期，然而基腐病易於採筍後 5 月上旬開始發生，至 7-8 月最嚴重[13, 14]。農試所研究結果發現，於第一期筍結束後立即排水 21-45 天，可以顯著減少基腐病的危害。但若於 5 月中下旬排水，雖可減少病害的危害，但會影響第一期筍的產量，導致嚴重減產。再經實驗，發現如果提早一個月於 11 月下旬育苗，12 月下旬移植本田，再於夜間實施光照，避免「矮化障礙」的發生，則可提早一個月於四月採筍，並集中第一期筍的產期，如此於四月中旬採收完畢後立即排水，6 月初再入灌溉水，不但可以減少基腐病的發生，且不影響第一期筍的產量，達到病害防治及維持產量的雙重功效。

排水防治水蕹菜青枯病

自 1999 年起，台灣宿根栽培之水蕹菜發生嚴重之青枯病[12]。後經多年試驗，發現宿根栽培之水蕹菜採收後，放乾田水 14 天以上，再引入水栽培可大幅降低青枯病的危害[11]。栽培田排水乾燥的過程中，大部分感染青枯病菌以及生長勢差的水蕹菜枝葉陸續枯萎，排水後乾燥的時間越長則枯萎的株數越多，餘留外觀健康植株感染青枯病菌的比率低，再引入灌溉水後，由於蕹菜為生長快速的蔓生性旋花科作物，所存活的健株獲得較多的空間得以快速生長，達到避病的效果；實驗顯示，未排水處理田區外觀健康的之植株感染青枯病菌的比率為 38.5%，而排水乾燥 14 天處理的健康植株發病率 10.8%，而排水乾燥 28 天處理的植株發病率僅 2.2%。雖然引入灌溉水後則生長快速，若加上排水乾燥時間，一期栽培週期的天數由不排水處理之 25 天延長至 32～42 天(排水期 14-28 天)(表四)。但由於罹病田土及灌溉水中有大量的青枯病菌，水田中的植株仍會受到感染，故植株生長至可採收時期後，發病率會持續增加，需儘快採收。

其他開發中的天然植物保護製劑

農試所謝廷芳博士利用複合中藥材開發「活力能」，對多種作物炭疽病有良好防治效果。農試所團隊利用天然植物油與精油開發多種不同功效的

製劑，包括「銹粿」－防治銹病、「驚炭號」－防治炭疽病、白粉病；「黴挫」－防治灰黴病；「黑修羅」－防治稻熱病等。

表四、排水對水蕹菜青枯病發病率、產量及採收天數之影響

Table 4. The effect of field draining on the bacterial wilt incidence and yield of water spinach in 2002

Draining treatment (days) [1]	Infected plants (%)[2]		Flooding time (days) before next harvest	Yield (ton/ha)[4]	Disease incidence (%)[4]	Whole cultivation period (days)[5]
	Withered [3]	Non-withered				
0	98	42	25	6.8 c	38.5 a	25
7	84	34	21	7.5 c	42.5 a	28
14	82	14	18	13.0 b	10.8 b	32
21	76	4	16	16.2 a	5.6 b	37
28	62	6	14	17.5 a	2.2 b	42

1. The draining periods of time.

2. Percentage of infected plants before the field re-irrigation.

3. Plants withered due to either bacterial infection or natural drying.

4. Means in the same column followed by the same letters are not significantly different at $p \geq 0.05$ according to Duncan's multiple range tests.

5. Total cultivation periods from draining to plant harvest.

結　論

本文僅在簡單介紹數種農試所開發的非農藥防治新技術。然而，作物病害的種類甚多，可依據各種病原生態特性的差異，設計研發不同的非農藥防治手段。如果非農藥防治法使用得當時，不但可以減少化學農藥的使用，達成病害防治事半功倍之目的，且有良好節能減碳的效果。當感病的寄主植物、強致病性的病原菌、及適於發病環境等三方面均同時存在時，病害才可能大流行，釀成災情。如何開發非農藥防治技術，就寄主植物而

言，如何增強植物先天（育種與選種）或後天（誘導抗病）的抗病性，為吾人研發的目標。對標的病原菌而言，則應篩選抑病力強，但對自然環境無污染與對人類無毒性的天然素材。就環境因子而言，如何改變（或避開）適合發病的環境因子，包括溫度、濕度、光線、風、空氣、化學成分、土壤理化及生物性因子等，製造一個不利病害發生的環境，切斷寄主、病原、環境三者之三角關係或強度，遏止或減輕病害的發生。

現今台灣經常使用的非農藥防治策略，包括健康種苗、抗病育種、誘導性抗病、拮抗微生物、土壤添加物、非農藥殺菌物質、天然植物保護製劑、栽培管理（如施肥、輪作、網室栽培、套袋、地面覆蓋、排水）、物理防治法（如溫水處理、太陽能滅菌、土壤蒸汽消毒）等。在上述多種非農藥的防治措施中，不難看出都是由增強寄主植物抗病性、削弱病原菌的致病力和改變栽培環境等方面進行思維，進而研發出來的有效防病措施。我國目前仍有許多作物病害僅能仰賴化學合成農藥來防治，甚而眾多的病害無良好的防治方法，開發更多的非農藥防治技術與資材來取代農藥的使用，將為植病人員共同努力的目標。

引用文獻

1. Ann, P. J., 2001. Control of plant diseases with non-pesticide compound-phosphorous acid. Plant Pathol. Bull. 10:147-154. (in Chinese with English abstract).
2. Ann, P. J., Hsieh, T. F., Tsai, J. N., Wang, I. T., and Lin, C. Y. 2000. A simple method for use of phosphorous acid and the spectra for disease control. Plant Pathol. Bull. 9(4):179 (Abstract in Chinese).
3. Ann, P. J., Huang, J. H., Wang, I.T., and Ko, W. H.. 2006. *Pythiogeton zizaniae*, a new species causing basal stalk rot of water bamboo in Taiwan. Mycologia 98:116-120.
4. Chaluvaraju, G.., Basavaraju, P., Shetty, N.P., Deepak, S.A., Amruthesh, K.N., and Shetty, H.S. 2004. Effect of some phosphorous-based compounds

on control of pearl millet downy mildew disease. Crop Prot. 23:595-600.

5. Cohen, T., and Coffey, M. D. 1986. Systemic fungicides and the control of oomycetes. Annu. Rev. Phytopathol. 24:311-338.
6. Fenn, M.E., and Coffey, M.D. 1984. Studies on the in vitro and in vivo antifungal activity of fosetyl-Al and phosphorous acid. Phytopathology 74:606-611.
7. Forster, H., Adaskaveg, J. E., Kim, D. H., and Stanghellini, M. E. 1998. Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to Phytophthora root and crown rot in hydroponic culture. Plant Dis. 82:1165-1170.
8. Guest, D. I. 1984. Modification of defense responses in tobacco and capsicum following treatment with fosetyl-Al. Physiol. Plant Pathol. 25:125-134.
9. Guest, D. I., and Grant, B. R. 1991. The complex action of phosphonates in plants. Biol. Rev. 66:159-187.
10. Holderness, M. 1990. Efficacy of neutralized phosphonic acid (phosphorous acid) against *Phytophthora palmivora* pod rot and canker of cocoa. Aust. Plant Pathol. 19:130-131.
11. Hseu, S. H., Huang J. H., and Chiou, Y. S. 2007. Application of drainage on disease management of water spinach bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum.* Plant Pathol. Bull. 16:231-234. (in Chinese with English abstract).
12. Huang J. H., Hseu, S. H., and Lin, C. Y. 2001. The occurrence of bacterial wilt of water convolvulus caused by *Ralstonia solanacearum*. Plant Pathol. Bull. 16:231-234. (in Chinese with English abstract).
13. Huang, J. H., Ann P. J., and Ko, W. H. 2001. Study on ecology of basal stem rot of water bamboo. Plant Pathol. Bull.10:202-203. (abstract in Chinese)
14. Huang, J. H., Kuo, J. Z., Ann, P. J., and Tzeng, K. C. 2003. The ecology of

basal stem rot of water bamboo. Plant Pathol. Bull. 12:286. (abstract in Chinese)

15. Johnson, D.A.; Inglis, D.A.; Miller, J.S. 2004. Control of potato tuber rots caused by oomycetes with foliar applications of phosphorous acid. Plant dis. 88:1153-1159.
16. Ko, W. H., Wang, S. T., Hsieh, T. F., and Ann, P. J. 2003. Effect of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolycopersici*. J. Phytopathol. 151:144-148.
17. MacIntire, W. H., Winterberg, S. H., Hardin, L. J., Sterges, A. J., and Clements, L. B. 1950. Fertilizer evaluation of certain phosphorus, phosphorous, and phosphoric materials by means of pot cultures. Agron. J. 42:543-549.
18. Mckay, A. G., and Floyd, R. M. 1992. Phosphonic acid control downy mildew (*Peronospora parasitica*) in cauliflower curds. Aust. J. Exp. Agric. 32:127-129.
19. Nemestothy, G. N., and Guest, D. I. 1990. Phytoalexin accumulation, phenylalanine ammonia lyase activity and ethylene biosynthesis in fosetyl-Al treated resistant and susceptible tobacco cultivars infected with *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*. Physiol. Mol. Plant Pathol. 37:207-219.
20. Ni, H. F., Hsu, S. L., and Yang, H. R. 2007. Evaluation of different method for inoculation of *Pratylenchus coffeae* on yam. J. Taiwan Agric. Res. 56:99-106. (in Chinese with English abstract).
21. Pegg, K. G., Whiley, A. W., Saranah, J. B., and Glass, R. J. 1985. Control of Phytophthora root rot of avocado with phosphorus acid. Aust. Plant Pathol. 14:25-29.
22. Saindrenan, P., Barchietto, T., Avelino, J., and Bompeix, G. 1988. Effects of phosphite on phytoalexin accumulation in leaves of cowpea infected with *Phytophthora cryptogea*. Physiol. Mol. Plant Pathol. 32:425-435.

23. Saindrenan, P. and Guest, D. V. 1995. Involvement of phytoalexins in the response of phosphonate-treated plants to infection by *Phytophthora* species. Pages 375-390 *in* Handbook of Phytoalexin Metabolism and Action. M. Daniel, and R. P. Purkayastha. eds. Marcel Dekker, INC. New York.
24. Schirra, M., D'hallewin, G., Ben-Yehoshua, S. and Fallik, E. , 2000. Host–pathogen interactions modulated by heat treatment. Postharvest Biol. Tech. 21:71 – 85.
25. Smillie, R. Grant, B. R. and Guest, D. 1989. The mode of action of phosphite: evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. Phytopathology 79:921-926.
26. Wicks, T. J., Magarey, P. A., Waxhtel, M. F., and Frensham, A. B. 1991. Effect of postinfection application of phosphorous (phosphonic) acid on the incidence and sporulation of *Plasmopara viticola* on grapevine. Plant Dis. 75:40-43.
27. Yang, H. R., and Lin, Y. T. 1997. Effect of hot water treatment for controlling anthracnose of mango fruits of Tainung No.1 variety. Plant Prot. Bull. 39:241-249. (in Chinese with English abstract).
28. Ye, X. S., and Deverall, B. J. 1986. Effects of Aliette on *Bremia lactucae* on lettuce. Trans. Br. Mycol. Soc. 86:597-602.

Development and Application of New Non-chemical Measures for Plant Disease Control

Ann, P. J.[1,4], Hsieh, T. F.[2], Tsai, J. N.[1], Huang, J. H.[1] and Young, H. R.[3]

[1] Plant Pathology Division, Agricultural Research Institute, COA, Wufeng, Thaichung, Taiwan, R.O.C.

[2] Floriculture Research Center, Agricultural Research Institute, COA, Kukeng, Yunlin, Taiwan, R.O.C.

[3] Chia-yi Agricultural Experiment Station, Agricultural Research Institute, COA, Chia-yi, 600, Taiwan, R.O.C.

[4] Corresponding author, Email: pjann@wufeng.tari.gov.tw

ABSTRACT

Many new measures, other than application of synthetic pesticides, have been successfully developed for management of various major crop diseases in Taiwan in recent years. Here we introduce certain important measures developed by the researchers in the Taiwan Agricultural Research Institute and some of them have been transferred to the private companies for commercial production. These measures include that (1). the simple technique for application of phosphorous acid to control oomycetes diseases, (2). the emulsified sunflower oil for control of powdery mildew and other foliar diseases, (3). use of percarbonate salts to control crop foliar diseases, (4). appropriately draining-off field water to control water spinach bacterial wilt and water bamboo basal stem rot, and (5). use of hot water treatment to suppress the postharvest mango anthracnose and yam seed tuber nematodes.

Key words: Non-chemical control, Phosphorous acid, emulsified sunflower oil, percarbonate salts, irrigation, hot-water treatment.